

Estufas eficientes: métodos para la medición y beneficios adicionales para la salud pública

John McCracken
Centro de Estudios en Salud
Universidad del Valle de Guatemala
jmccracken@ces.uvg.edu.gt



Centro de Estudios en Salud
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

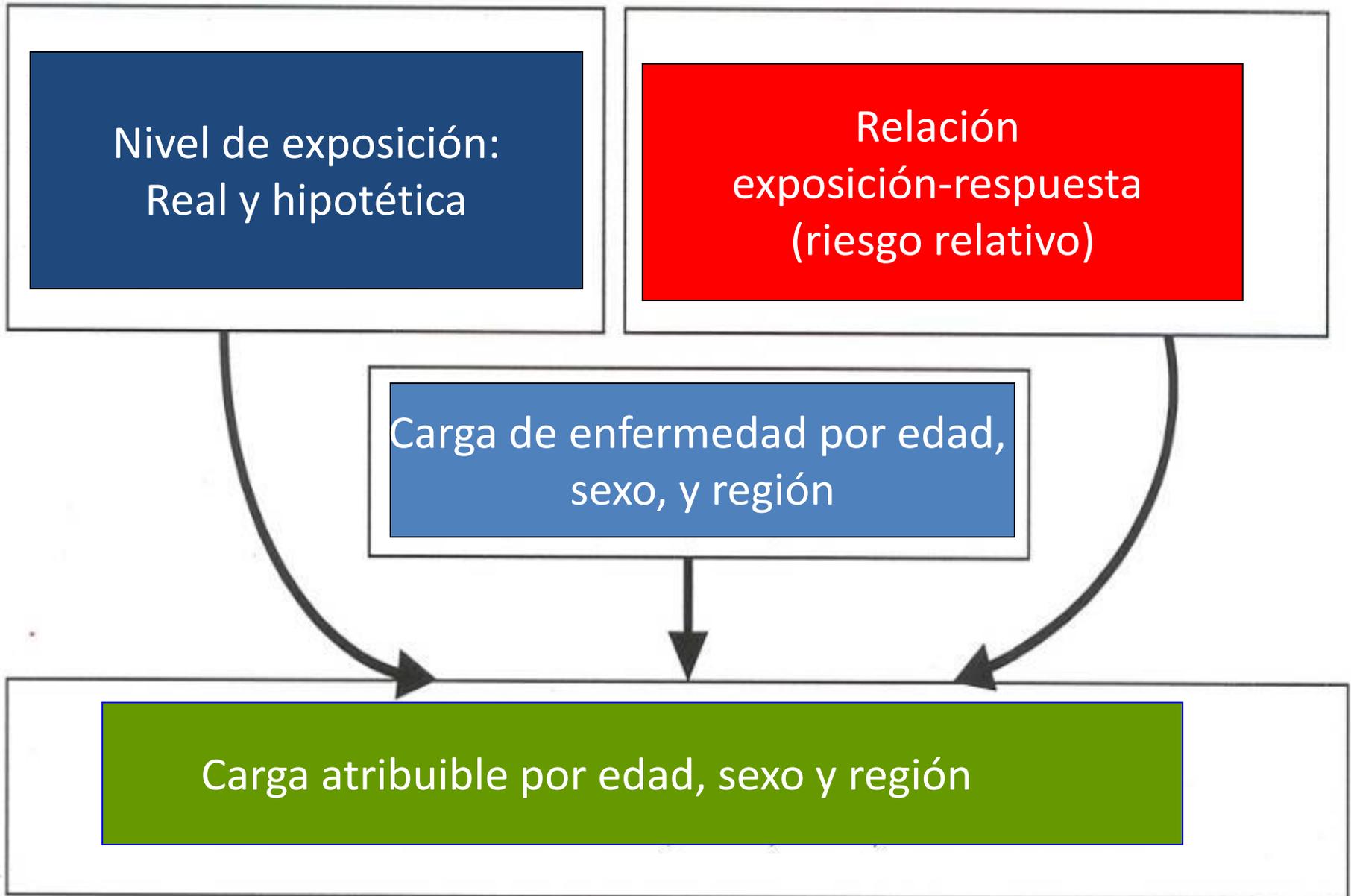


Experiencia que trasciende
DEL VALLE
UNIVERSIDAD

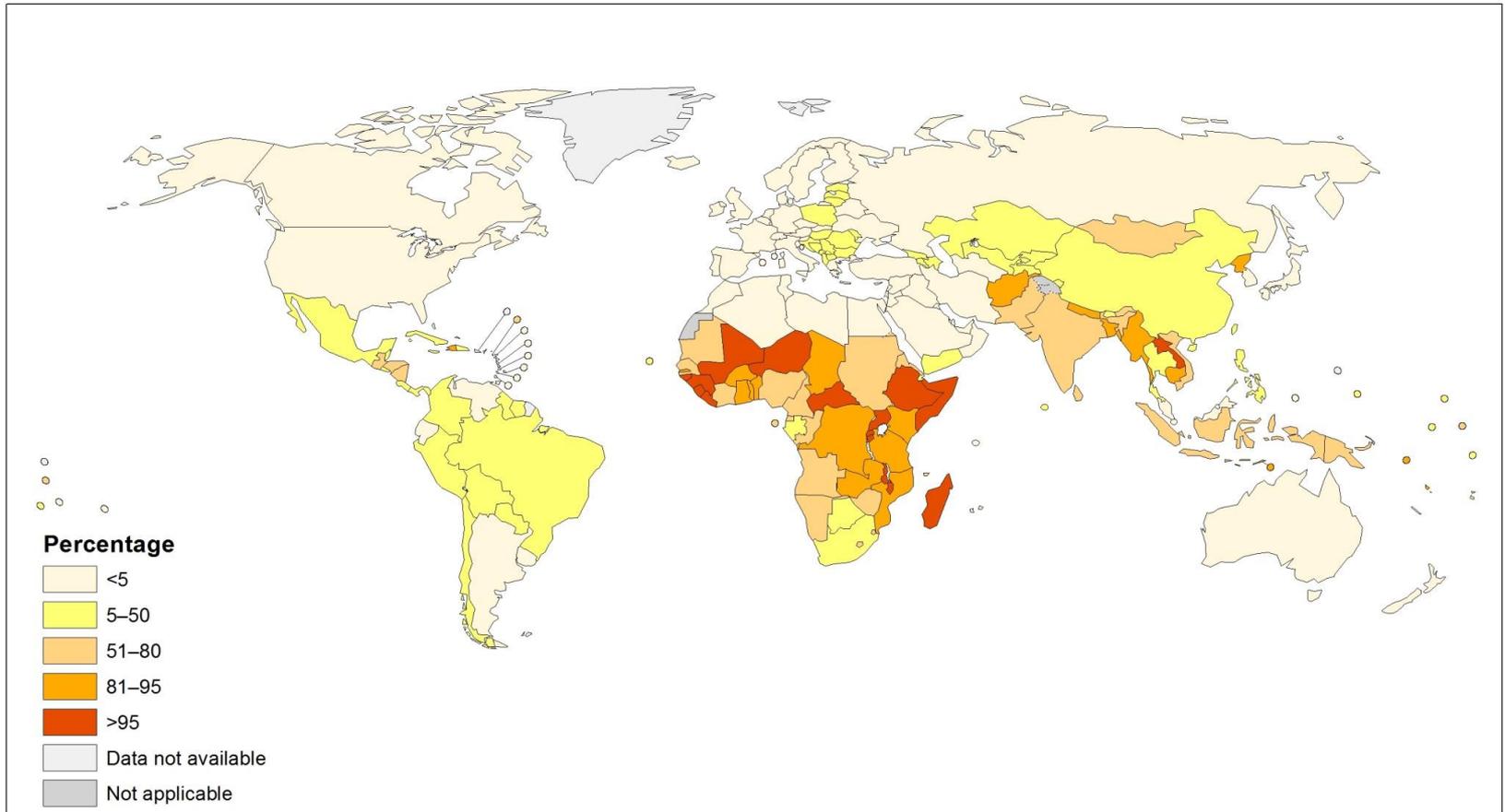
Efectos en la salud de la contaminación del aire domiciliario (CAD)

- Niveles altos de contaminantes en los hogares donde usan combustibles sólidos
- Alrededor de la mitad de la población del mundo expuesto
- Asociaciones con varias enfermedades
 - Neumonía
 - Enfermedad pulmonar obstructiva crónica
 - Enfermedades cardiovascular
 - Cáncer pulmonar
 - Otros (Peso al nacer, tuberculosis, cataratas)

Método de evaluación de riesgo comparativo



Población que usa combustibles solidos (%), 2010



The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the World Health Organization concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries. Dotted and dashed lines on maps represent approximate border lines for which there may not yet be full agreement.

Data Source: World Health Organization
Map Production: Public Health Information
and Geographic Information Systems (GIS)
World Health Organization



© WHO 2012. All rights reserved.

RESPIRE – Ensayo controlado aleatorio usando estufas mejoradas en Guatemala

Impacto en neumonía en niños de hasta 18 meses de edad

Sitio: San Lorenzo y Comitancillo, San Marcos; 2200-3000 metros sobre el nivel del mar

Población: Fuego abierto para ; Mujer embarazada o niño < 4 meses

- 534 casas participantes



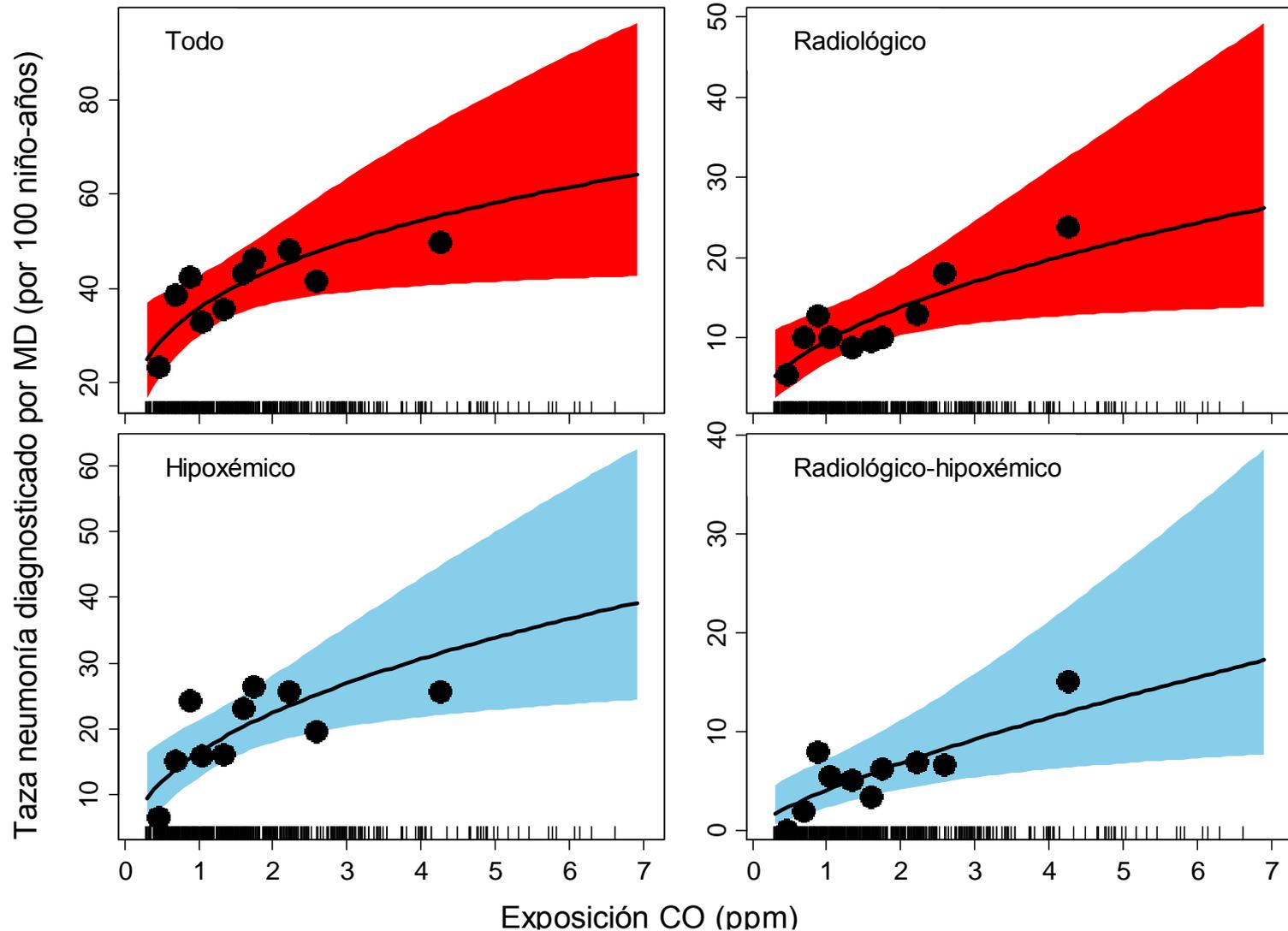
Fuego Abierto tradicional



Plancha con chimenea

(Smith, McCracken, et al, Lancet, 2011)

Modelos exposición-respuesta: Casos de neumonía diagnosticados por MD

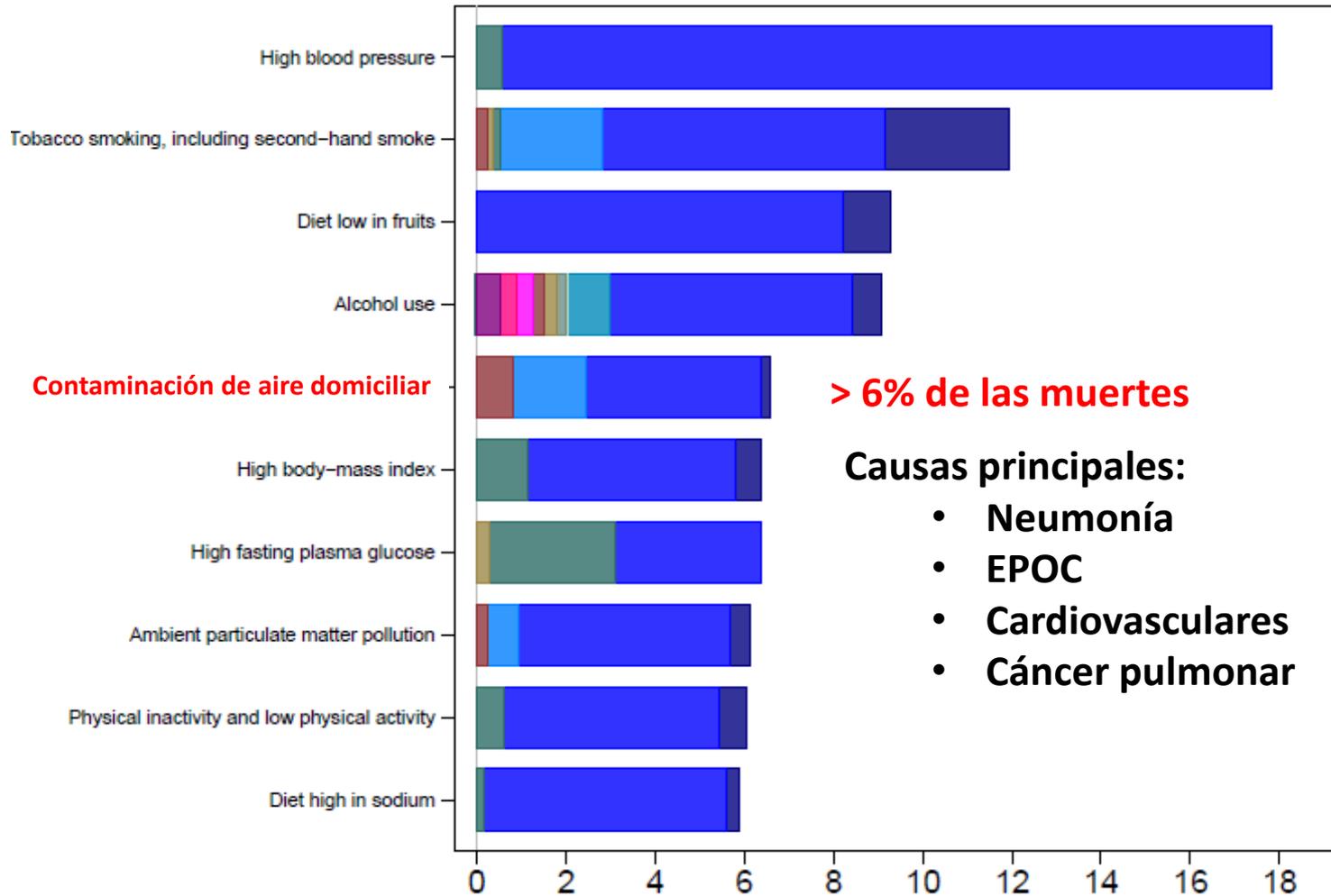


Resumen de los resultados del estudio CGE 2010

- La estimación de la carga atribuible a CAD se duplicó respecto a la última versión de estas estimaciones
 - 87.5% debido a la exposición domiciliar
 - 12.5% debido a exposiciones ambientales por emisiones de hogares
- De los 67 factores de riesgo evaluados, CAD es
 - Segundo más importante para mujeres y niñas al nivel mundial
 - Segundo más importante en Guatemala
- CAD es un factor de riesgo importante para enfermedades no transmisibles en países en vía de desarrollo
- A pesar de la reducción global de neumonías en niños, las muertes por las IRAs relacionadas a la CAD siguen siendo muchas
 - 14% de la carga total relacionada a la CAD

Alrededor de 4 millones de muertes se debieron a contaminación del air domiciliario en el 2010

Percent of Global Deaths, 2010, Both Sexes

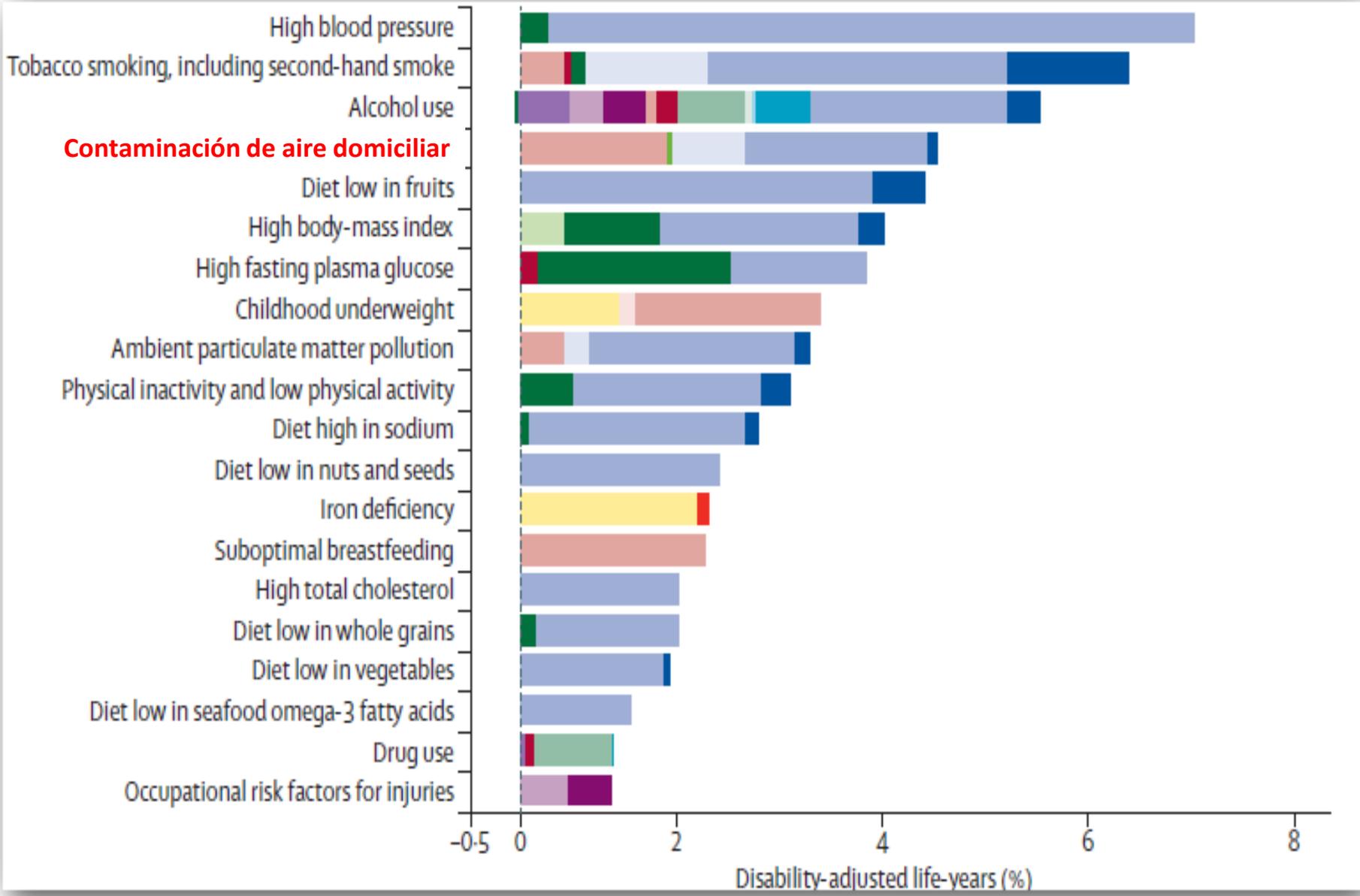


> 6% de las muertes

Causas principales:

- Neumonía
- EPOC
- Cardiovasculares
- Cáncer pulmonar

20 primeros factores de riesgo para todos los DALYS (2010)



Análisis de carga de enfermedad atribuible a CAD en Guatemala

Muertes

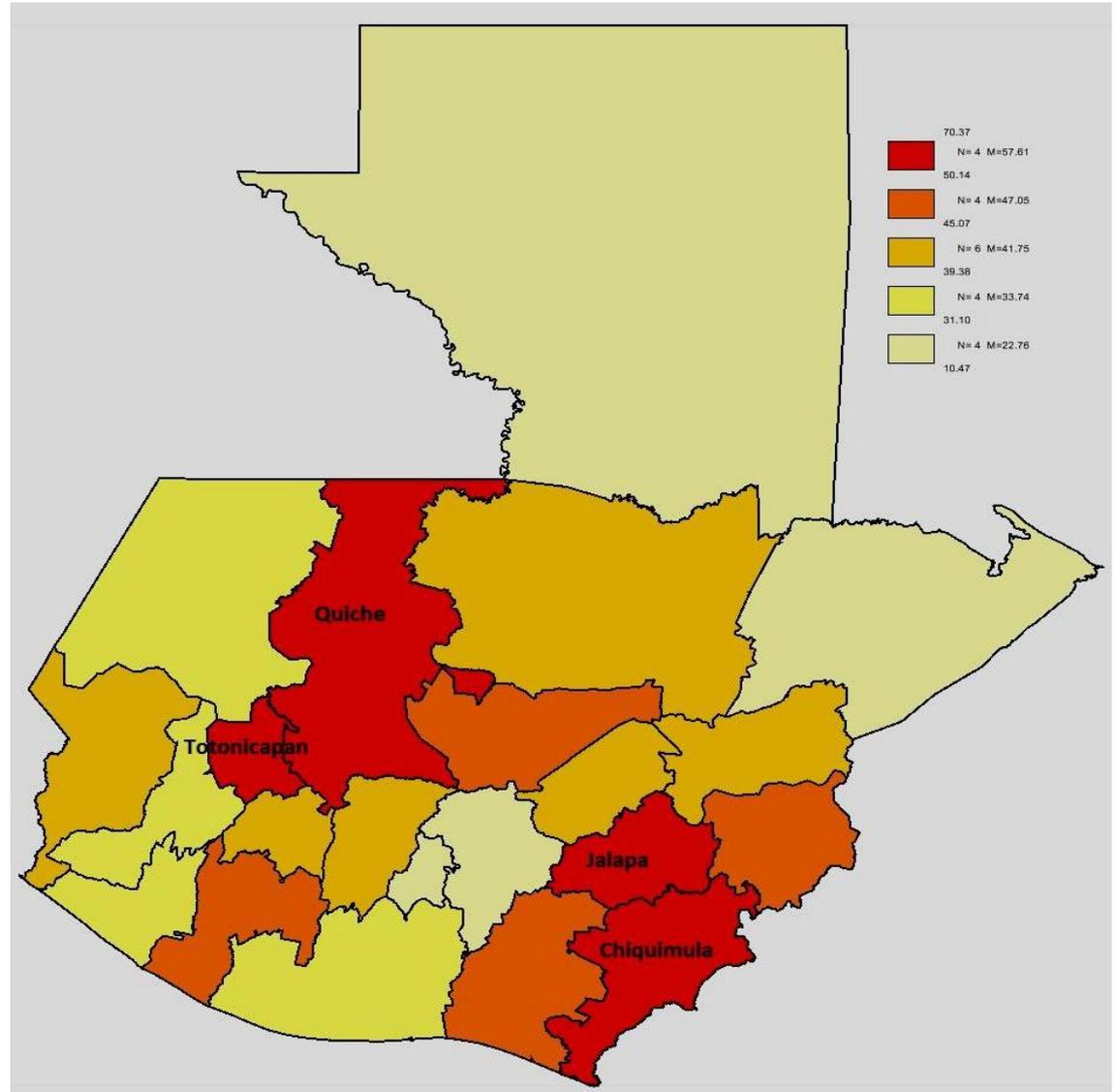
1842 neumonía

1774 cardiovascular

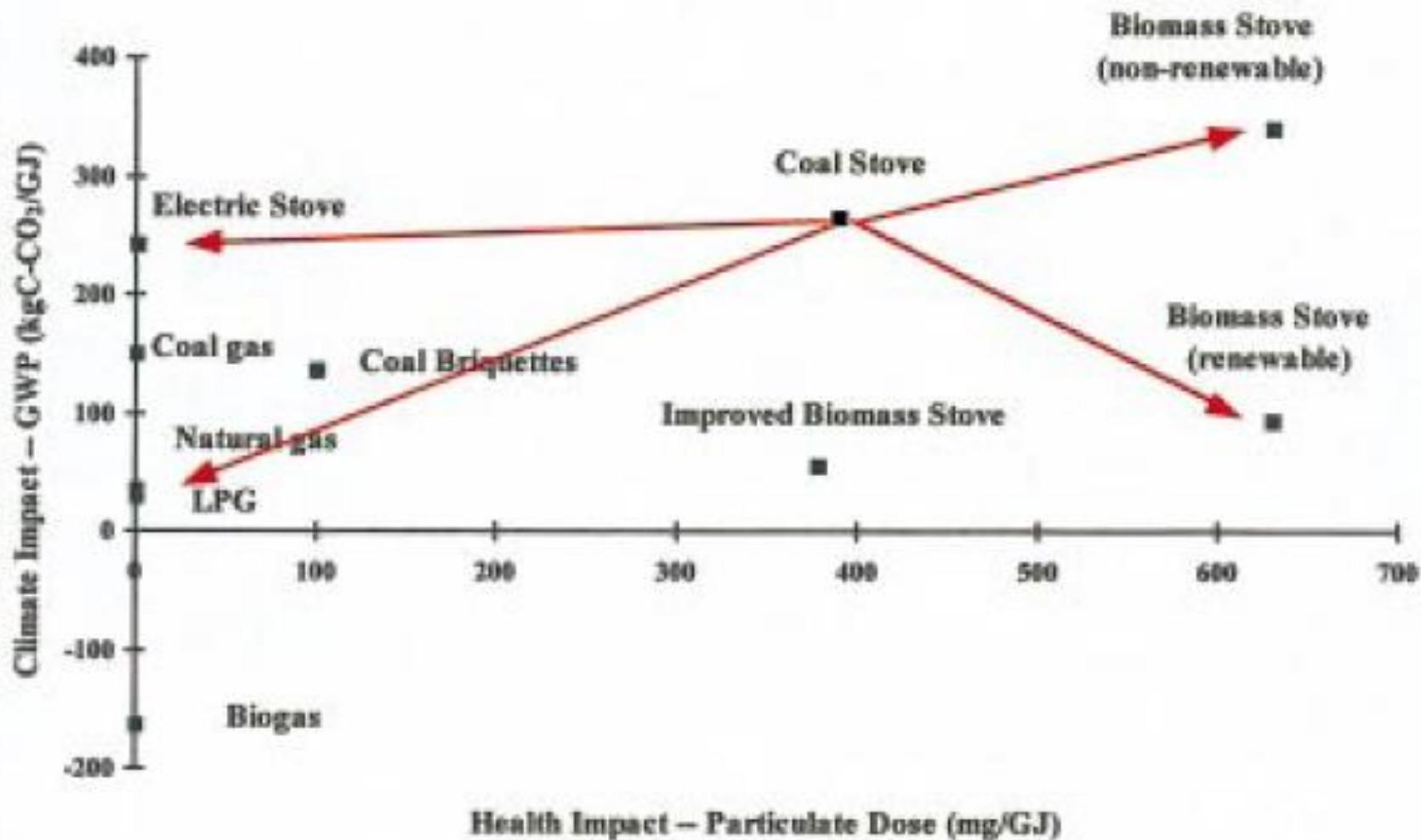
985 cerebrovascular

168 cáncer respiratorio

382 EPOC



Efectos en la salud y calentamiento global de intervenciones con cocinas domiciliarias



(Wang and Smith, ES&T, 1999)

Beneficios para salud pública de estrategias para reducir emisiones de gases de invernadero

- Wilkinson et al (Lancet 2009) evaluaron los impactos de la introducción hipotética de la introducción de 150 millones de estufas con emisiones bajas en India
 - Reducciones
 - 100 megatoneladas del CO₂
 - 0.5 megatoneladas del carbono negro
 - 14 megatoneladas del CH₄
 - 40 megatoneladas de otros hidrocarburos volátiles
 - Estimaron 12,500 menos DALYs y un ahorro de 0.1–0.2 megatoneladas CO₂-equivalente por millón de personas por año

Eficiencia de estufas

$$OE = NCE + HTE$$

OE = eficiencia total (% de energía en combustible recibida por la olla)

NCE = eficiencia nominal de combustión (% de energía de combustible liberado por la combustión en forma de calor)

HTE = eficiencia de transferencia de calor (% del calor generado que es recibido por la olla)

Descripción de las Pruebas de Rendimiento de Estufas (SPT)

Pruebas de rendimiento de estufas

1. Prueba de Ebullición de Agua (WBT)

Medir la eficiencia en uso de combustible de la estufa (emisiones) y el rendimiento de potencia durante una ebullición de agua normal y el ciclo de cocer a fuego lento.

2. Prueba Cocción Controlada (CCT)

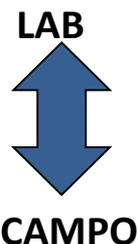
Medir el consumo de combustible y el tiempo para cocinar una comida típica.

3. Prueba de Rendimiento de Cocina (KPT)

Estimar directamente el consumo diario de combustible en los hogares.

Protocolos disponibles en: <http://www.pciaonline.org/testing>

Usos para los Diferentes SPTs



	Pruebas básicas de funcionamiento de estufas	Prueba de variación de diseño de estufas	Como prueba adaptación para la cocina local	Evaluar el ahorro de combustible	Evaluar la adopción por el usuario final
WBT	SI	SI	NO	POTENCIAL	NO
CCT	POTENCIAL	SI	SI	POTENCIAL	NO
KPT	NO	NO	SI	SI	SI*

*El KPT es adecuado para evaluar la adopción por el usuario final cuando se utiliza junto con una encuesta cualitativa u otros protocolos de medición de uso.

Nivel de emisiones se puede medir como un respaldo en cualquiera de estos protocolos.

Prueba de Ebullición de Agua (WBT)

- Destinado a ayudar a los diseñadores de la estufa a entender cómo la energía se transfiere del combustible a la olla.
- Es particularmente útil durante el proceso de diseño de la estufa.
- Prueba basada en el laboratorio ofrece los siguientes indicadores del rendimiento de la estufa:
 - Poder
 - Eficiencia Termal
 - Consumo Especifico
 - Tiempo para hervir
 - Emisiones



Protocolo del WBT

- Objetivo: medir la eficiencia de la estufa, combustible (emisiones) y la potencia durante una ebullición de agua normal y el ciclo de cocer a fuego lento.
- Cada WBT consta de 3 partes:
 - Arranque en frío a alta potencia
 - Arranque en caliente a alta potencia
 - Bajo consumo de energía (fuego lento)
- Requiere ~2 horas para completar
- Al menos tres WBT deben ser realizadas para cada tipo de estufa.

Emisiones y eficiencia en el laboratorio

Letter et al, ES&T, 2012

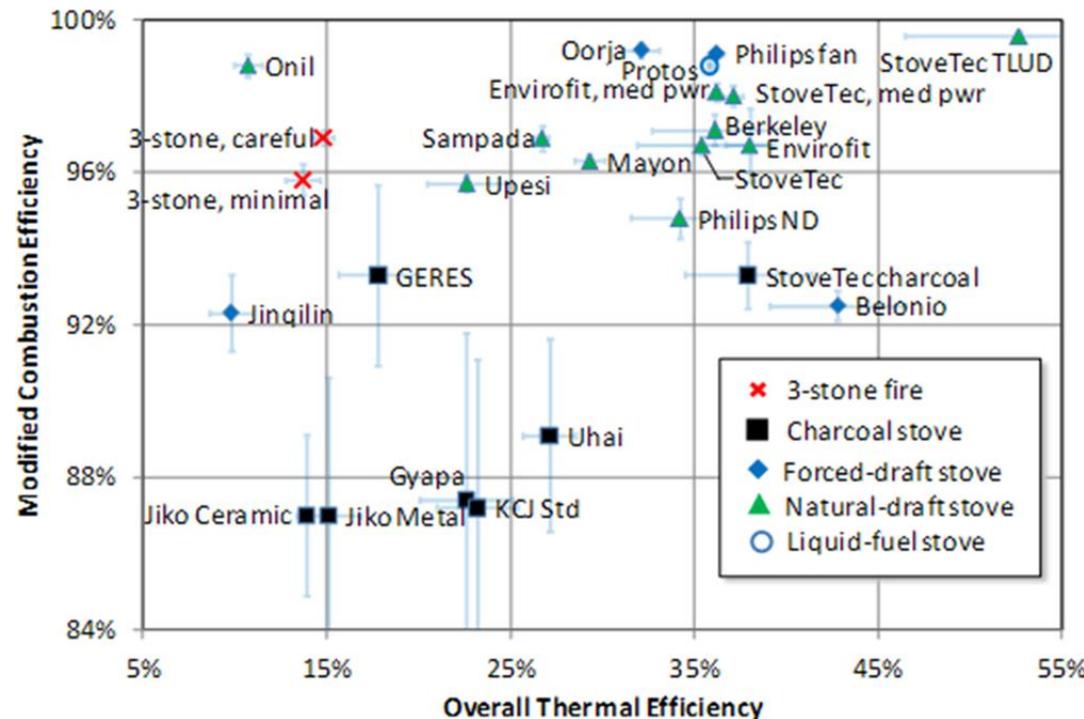
- 22 estufas, 6 combustibles, y 2 niveles de humedad
- Prueba de ebullición de agua (WBT)
- Contaminantes: CO, CO₂, CH₄, hidrocarburos totales (THC), ultrafine particles (UFP), partículas finas (PM_{2.5})
- Eficiencia de combustión modificada (MCE, definida como $\text{CO}_2/(\text{CO}_2 + \text{CO})$, molar) es considerado un sustituto razonable para la eficiencia de combustión verdadera (Johnson et al, ES&T, 2010)



Emisiones y eficiencia en el laboratorio

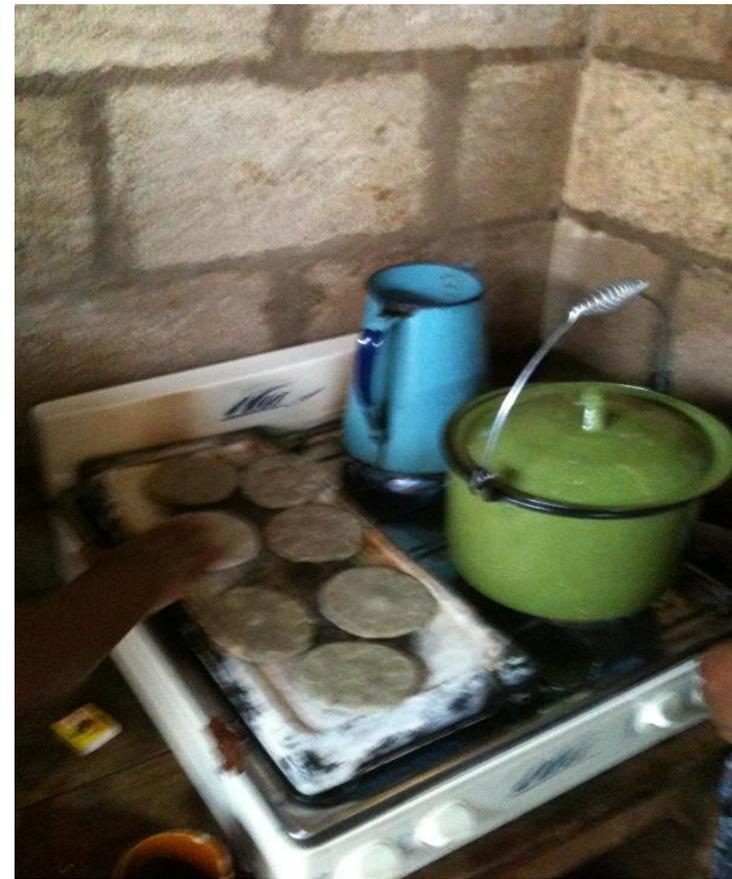
Letter et al, ES&T, 2012

- Rango emisiones $PM_{2.5}$ entre 74-1400 mg/MJ recibida
- Rango de eficiencia térmica entre 14-53%
- Recomendaron medidas estandarizadas
 - WBT de alta potencia
 - Eficiencia térmica total (OE)
 - Emisiones por energía recibida (g/ MJ recibida)
 - WBT de bajo potencia
 - Consumo energético específico (MJ/litro-hora)
 - Emisiones específica (g/litro-hora)



Prueba de Cocción Controlada (CCT)

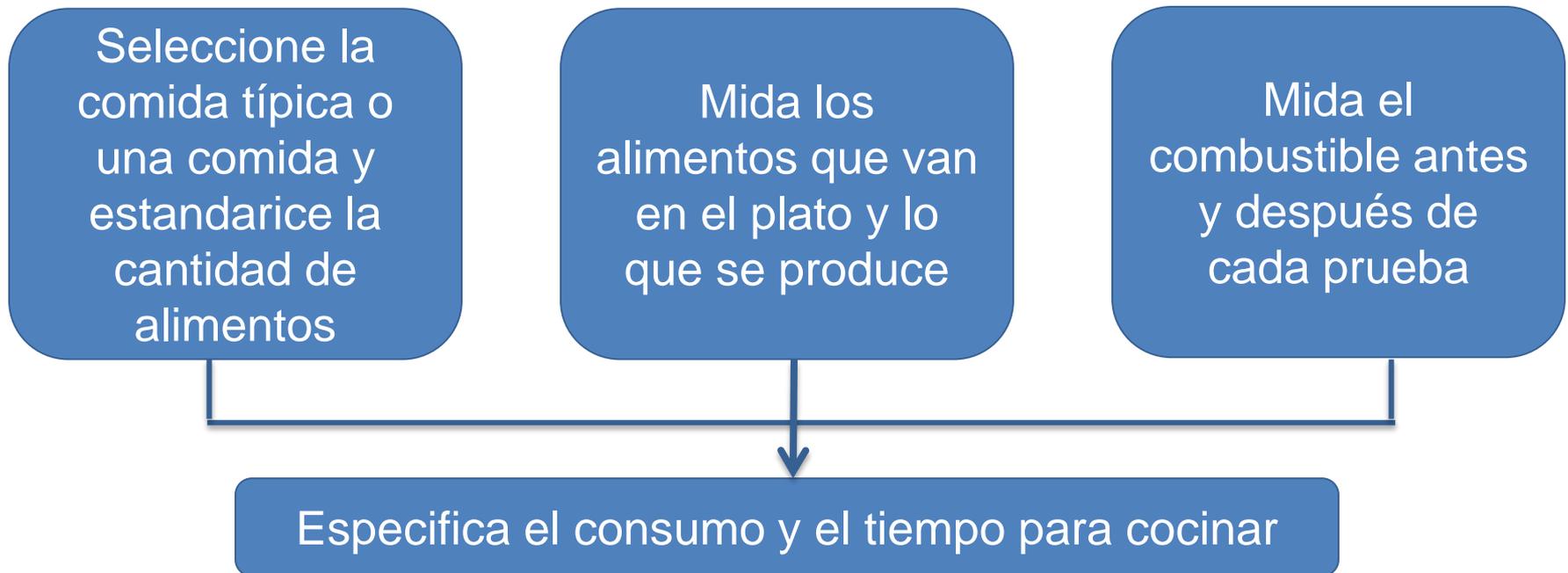
- Diseñado para evaluar el rendimiento de la estufa nueva Vrs. la estufa tradicional
- Similar a una prueba de laboratorio controlada, pero con las variables añadidas de un cocinero real al cocinar comida de verdad.
- Proporciona los siguientes indicadores del rendimiento de la estufa:
 - Consumo específico (consumo de combustible)
 - Tiempo de cocción
 - Las emisiones pueden ser monitoreados durante las CCT's



Casa de San Francisco, Comitancillo, SM

Protocolo simplificado de CCT

- Propósito: Medir el consumo de combustible y el tiempo para cocinar una comida típica.



Un mínimo de tres CCT's debe realizarse para cada tipo de estufa.

Ejemplo de resultados de CCT's

Table 2. Summary of quantitative stove performance results for the six stoves, showing the average and percentage difference versus the open fire.

	(units)	Open fire	Envirofit	StoveTec	Philips	Vesto	Save80
# of Tests	na	54	38	38	38	24	22
Specific consumption	g wood/ kg food	295	143	136	159	202	110
Specific consumption	% diff. vs. Open fire	NA	-52%	-54%	-46%	-32%	-63%
Cooking time	min	54	49	50	56	47	52
Cooking time	% diff. vs. Open fire	NA	-8%	-7%	+4%	-12%	-2%

Pennise, D., Charron, D., Wofchuck, T., Rouse, J., Hunt, A., 2010. Evaluation of Manufactured Wood Stoves in Dadaab Refugee Camps, Kenya. United States Agency for International Development

Prueba de rendimiento de cocina (KPT)

- ¿Cómo puedo utilizarlo?
 - Evalúe los ahorros monetarios y de tiempo
 - Demostrar que el programa tiene un impacto en el mundo real en el medio ambiente y usuarios
 - Provee evidencia para la financiación de bonos de carbono
- ¿Qué herramientas necesito?
 - Balanzas (tamaño adecuado), encuestas, medidores de humedad, y el software de base de datos / análisis



Prueba de Rendimiento de Cocina (KPT)

- Propósito: Estimar el consumo diario de combustible en los hogares.
- Características
 - Toma verificadores de la estufa de las personas en hogares.
 - Procedimiento de muestreo de la población crítico
 - La variabilidad en el "mundo real" aumenta el número de muestras.
- Proporciona estimaciones de consumo de combustible por hogar, por persona y por comida



Formas típicas para llevar a cabo un KPT

- **Estudio de antes y después:** En las mismas casas, medir el consumo de combustible cuando los participantes están utilizando estufas tradicionales, luego con las nuevas estufas.
 - Pro: características de los hogares son los mismos
 - En contra: Toma más tiempo, porque espera a que las familias se adapten a la nueva estufa
 - En contra: Las condiciones pueden cambiar entre los períodos de tiempo que afectan el consumo de combustible
- **Estudio transversal (Seccional-Cruzado):** Mide en diferentes hogares que usan cocinas tradicionales y nuevas
 - Pro: Se puede hacer más rápidamente (también podría ser longitudinal)
 - En contra: Requiere una muestra más grande de hogares
 - En contra: tiene que evitar confusión por diferencias entre casas

KPT: componente cuantitativo

Estima el consumo diario de combustible en los hogares

- **Protocolo**

1. Definir el período de prueba **de al menos 3 días consecutivos** (requiere 4 días de muestreo para obtener las estimaciones del consumo de combustible de 3 días).
2. Explique a los miembros de la familia el propósito de la prueba y hacer arreglos para medir el consumo.
3. Pregunte a la familia a elegir un área de inventario para guardar el combustible durante la prueba.
4. Visita cada hogar aproximadamente a la misma hora todos los días para medir peso del combustible restante y preguntar sobre el número de comidas servidas.

KPT: Consideraciones Practicas

- Asegúrese de que los participantes hacen sus actividades normales.
- Designación de los áreas del inventario para el combustible ya pesado que se puede utilizar y aparte el combustible nuevo que se puede añadir pero no se utiliza.
 - Banderas, cinta de color, etc. se pueden utilizar.
- Pesar todos los combustibles que se utilizan para todas las estufas.
- Necesita un peso aproximado de tres veces la cantidad de combustible necesario para un día (todos los días, no sólo al principio)
- Cada visita dura 15 a 30 minutos. Dependiendo de la distancia entre los hogares, un encuestador puede hacer 5-12 viviendas por día.

Planificación de la KPT

- **La selección de las comunidades y las familias es fundamental para un muestreo representativo**
- **Equipo de campo fiable y apropiado**
- **Objetividad**
 - Si el monitoreo es por un tercero, la independencia ayuda a reducir el sesgo
 - Si el monitoreo es su propio proyecto, hay más presión por demostrar resultados positivos (amenaza de sesgo)

Midiendo el Uso (Verificación): Encuestas y Monitores

SECCIÓN D. INFORMACIÓN ACERCA DEL USO DE LA ESTUFA NUEVA

Preguntar y observar		Respuesta	Código y Notas
D.1 ¿Le gustó usar la estufa nueva?		Sí=1 (Ir a D.1.1) No=0 (Ir a D.1.2)	
D.1.1	Si es sí, ¿por qué?		
D.1.2	Si es no ¿por qué?		
D.2 ¿La estufa nueva funciona bien?		Sí=1 (Ir a D.2.1) No=0 (Ir a D.2.2)	
D.2.1	Si es sí, ¿por qué?		
D.2.2	Si es no ¿por qué?		
D.3 ¿Considera adecuado el tamaño de la estufa nueva?		Sí=1 (Ir a D.3.1) No=0 (Ir a D.3.2)	
D.3.1	Si es sí, ¿por qué?		
D.3.2	Si es no ¿por qué?		
D.4 ¿Considera adecuada la calidad del material de la estufa nueva?		Sí=1 (Ir a D.4.1) No=0 (Ir a D.4.2)	
D.4.1	Si es sí, ¿por qué?		
D.4.2	Si es no ¿por qué?		
D.5 ¿Está usted satisfecha con el diseño de la estufa nueva?		Sí=1 (Ir a D.5.1) No=0 (Ir a D.5.2)	



Encuestas

- Bueno como primer paso
- Ventajas
 - Relativamente fácil de analizar
 - Puede ser molesto la entrevista
- Desventajas
 - Sesgo de memoria y reporte
 - Falta de precisión
- Puede ser complementada y confirmada con simple observación en el campo
 - puede interrumpir comportamiento normal y es molesto

Sistema de Monitoreo del Uso de las Estufas (SUMS)



- Dispositivos de medición de tiempo de uso, permite estimaciones más precisas y definiciones objetivas de los patrones de uso incluyendo períodos de cocina, horarios de comida, y las tasas de adopción de tecnología.
- Mejorar las estimaciones de los beneficios ambientales relacionados con la utilización de energía en los hogares.

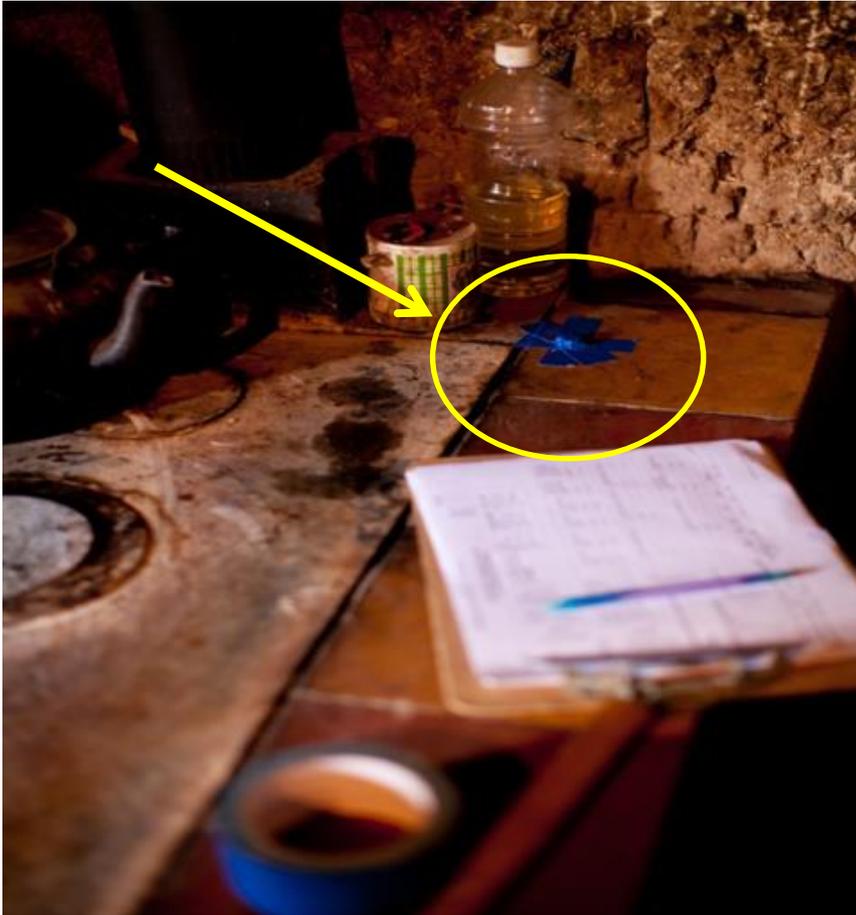
Monitores de temperatura --> SUMs

iButton Modelo	Rango Temperatura	Precisión
DS1921G	-40°C to +85°C	$\pm 1^\circ\text{C}$: -30°C to +70°C $\pm 1.3^\circ\text{C}$ outside this range
DS1922L	-40°C to +85°C	$\pm 0.5^\circ\text{C}$: -10°C to +65°C
DS1922T	0°C to +125°C	$\pm 0.5^\circ\text{C}$: +20°C to +75°C

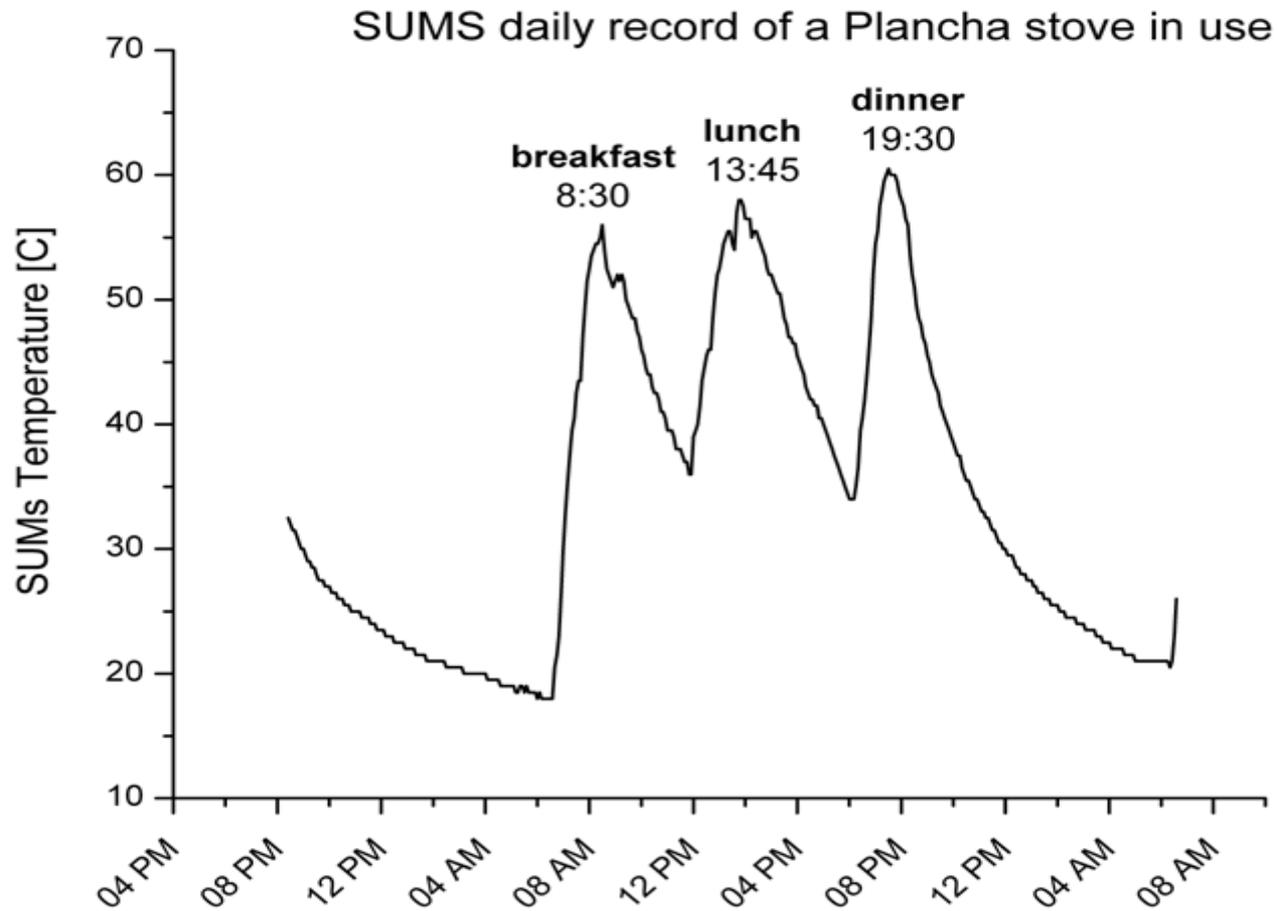
www.berkeleyair.com

<http://www.maximic.com/sales/offices/distributor/franchise.mvp>

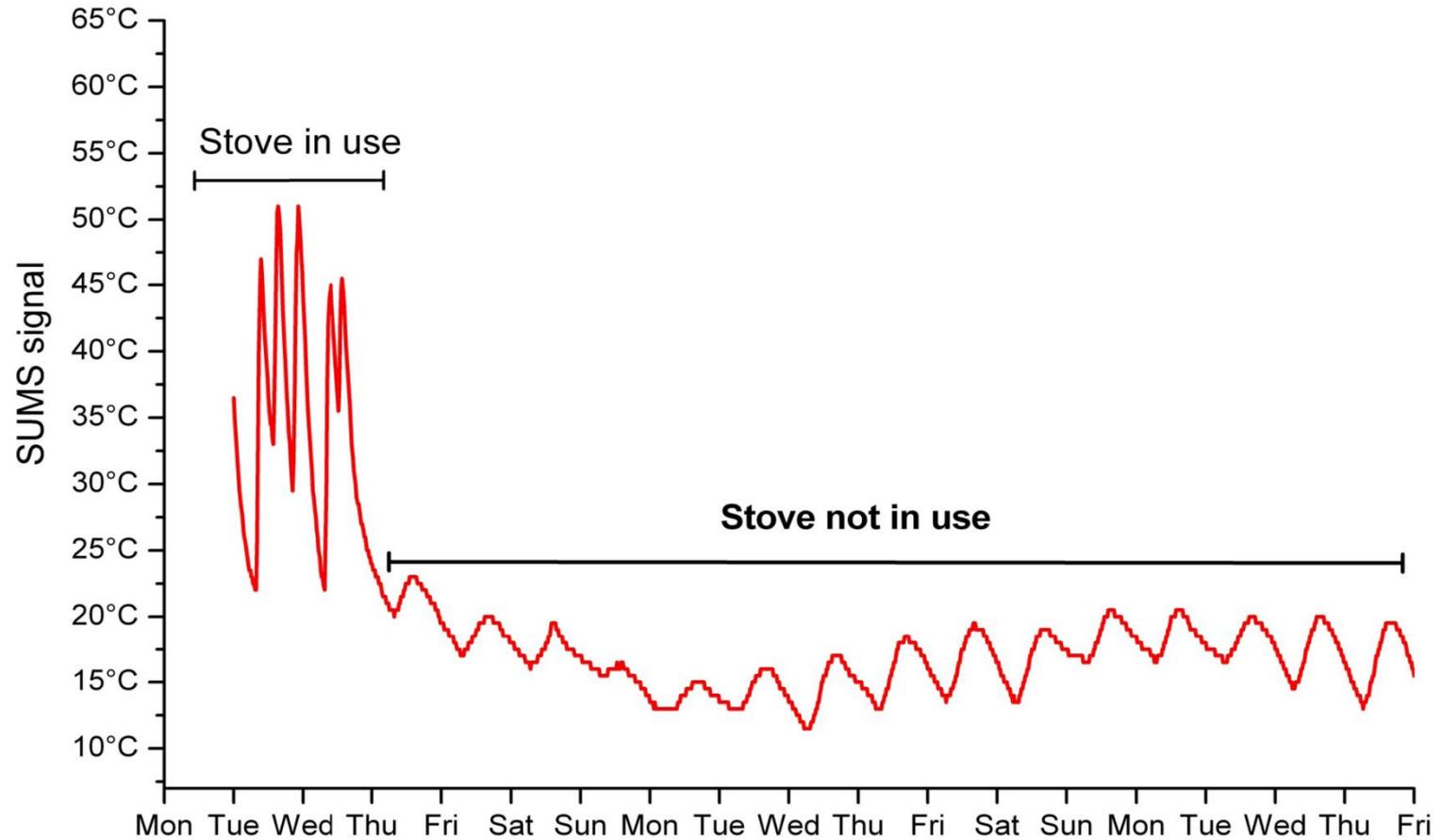
Colocación de SUMS



Ejemplo de gráfica de SUM



Objective Monitoring with the UCB-SUMS System

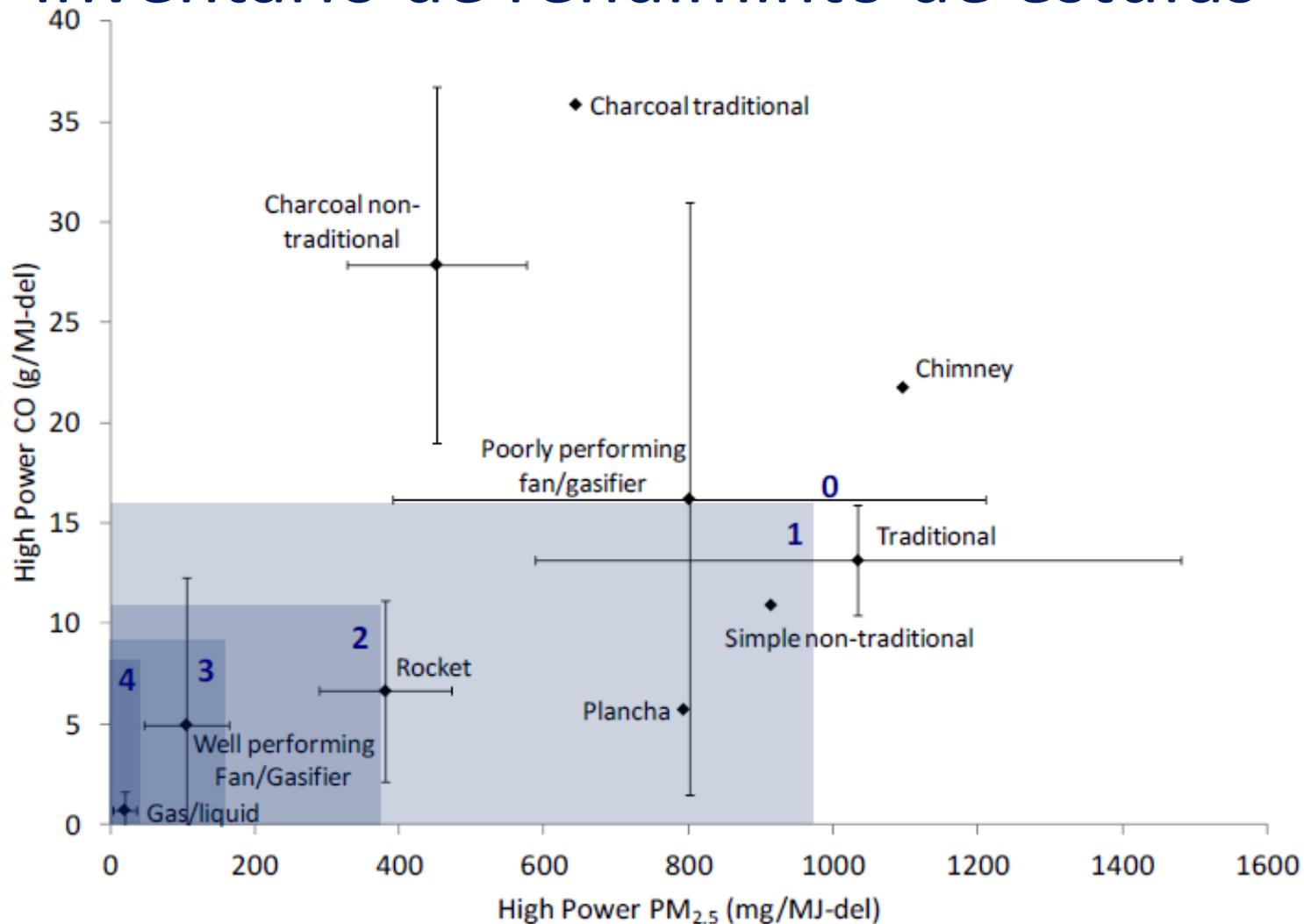


Mas o menos 19 días de monitoreo

Estandarización

- Lima Consensus (Partnership for Clean Indoor Air PCIA, 2011)
- Acuerdo del Taller Internacional ISO (IWA) (The Hague, Netherlands, 2012)
 - Primer acuerdo sobre medición del rendimiento de las estufas
 - Prueba de ebullición del agua (WBT version 4.1.2)
 - Niveles (Tiers) de rendimiento (fuego abierto es Tier 0, hasta 4)
 - Necesidad de mejorar protocolos para todos los tipos de estufas (solar, plancha, calefacción) y para incluir pruebas del campo

Uso del sistema de “Tiers” del IWA: Inventario de rendimiento de estufas



(Berkeley Air, Reporte para la Alianza Global de Cocinas Limpias, octubre 2012)

Resumen

- La evidencia es fuerte que hay efectos en la salud del uso de combustibles sólidos para cocina
- Los tres métodos generales son distintos en el propósito y recursos requeridos
- Hay esfuerzos recientes para estandarizar los métodos para medir la eficiencia de las estufas